

用于稳制装置的新型协议转换器的设计

王滔, 周良松, 朱科

(华中科技大学电气学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 为实现电力系统稳定控制装置的网络化通讯需要,设计一种新型远动通讯协议转换器,将远动通讯协议由原来的 CDT循环远动协议改为 IEC60870-5-104协议,以便于在站内通讯使用 CDT协议不变的情况下,远动通讯实现以太网传输。特别针对稳控装置的通讯特点,如命令帧快速性、重要信息安全性做出改进。在实现协议转化的同时,另外还扩展了历史信息数据查询、嵌入式 Web服务器等新功能。硬件上使用 I-7188EG型嵌入式通讯控制器。经过前期测试,成功验证了除命令帧快速性外的所有功能。该转换器延长了老式电力通讯装置的使用期限,有很大的实用性和经济性。

关键词: 规约转换; 远动通讯; CDT; IEC60870-5-104; 嵌入式控制器

中图分类号: TM73 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)17-0051-04

0 引言

长期以来,电力系统稳定控制装置使用的通信规约为循环远动式 DL451-91(亦称为新部颁 CDT循环式远动规约)。近几年,随着无人值班变电站的大量出现,综合自动化设备不断投入,远动信息量成倍增加,保护信号的采集、保护定值的修改以及厂站设备工况的远传等问题尤其突出,传统通信模式暴露出来的问题和局限性越来越明显^[1,2],采用新型的通信模式已是迫在眉睫,近期建设的电力设施对远动通讯都提出了要实现网络化。但由于相当数量老式设备的存在以及目前国内基层电力通讯设施的现状,短时期内不可能全网范围统一使用新型通讯模式。针对此种状况,稳控装置希望在保持站内通讯模式不变的情况下,在装置和调度主站之间,改用基于 TCP/IP 传输的基本远动任务配套标准 IEC60870-5-104规约(以下简称 104)进行通讯,取代以往的 CDT循环式远动规约。本文设计的协议转换器,使用 I-7188EG型嵌入式通讯控制器,在实现传统规约转换的同时,针对稳控装置通讯的特点:部分命令的快速性、策略表文件保密性等性能进行改进;并加入 Web服务协议包(HTTP),配合内存数据库,为远程用户提供方便的 Web界面浏览和查询。运行后取得了良好的效果。

1 通讯协议概况

远动协议是厂站端远程终端设备(RTU)与调度系统进行信息交换的接口。下面对两种电力系统

通讯协议作简单的介绍。

1.1 新部颁 CDT循环式远动通讯协议

CDT规约通讯的特点是以厂站端为主动源,厂站端循环地向 A、B、C、D1、D2、E五种帧型向主站端发送预先约定的一系列信息,调度端接受并处理这些信息,也向子站端发送命令和信息,可以说是一种被动方式。CDT方式可以保证调度端时刻监视厂站端的重要遥测量和开关状态,当传送发生错误时,可以在以后的循环中得到纠正,要求的可靠级别比较低。CDT规约适用于点对点或单点对多点的通道结构,采用可变帧长、多种帧类别的传送方式,其传输原理、帧结构等具体信息,在参考文献[3]有详细说明。

1.2 IEC60870-5-104通讯协议

IEC(国际电工委员会)以 IEC60870-5系列为标准,在 IEC60870-5-101标准的基础上,制定了基于以太网传输的电力传输协议 IEC60870-5-104。目前,该协议是我国电力行业建议采用的统一远动通讯标准。

104使用 101所规定的 ASDU,然后自行规定几十种带时标的 ASDU,即在应用层上和 101透明,在协议层上使用 TCP/IP传输帧。另外,104自定义的 APC1保证了超时/重发机制的实现。相对一般网络协议的 7层网络结构,104中的第 5层、第 6层没用。其传输原理和帧格式在文献[4]中说明。

104协议实际上处于应用层协议的位置,基于 TCP/IP的应用层协议很多,每一种应用层协议都对应着一个网络端口号。104在传输层采用 TCP协

议,其对应的网络端口号为 2404,由 IANA (互联网数字分配授权)定义和确认。本文在应用层除了协议转换包外,加入 HTTP协议包(端口号 80),实现嵌入式 Web服务器的功能,可使信息更加直观化,并配合内存数据库支持远程查询。

2 I-7188EG嵌入式通讯控制器

I-7188系列是嵌入式应用模块,其中 I-7188EG是使用 80188-40为 CPU的嵌入式可编程通讯控制器。该器件体积小,便于安装,有 512 K的静态 RAM和 512 K的 Flash存储器。它提供 1个 RS-232 通讯口,1个 RS-485 通讯口和 1个 10BASE-T NE2000网卡兼容的网口,COM端口中断驱动支持中断和 1 K顺序缓冲;内置 MinOS7,使用者可由 COM1口(RS232)对其反复编程;内置 WatchDog和 RTC(实时时钟),具有很好的稳定性;I-7188EG还支持作为选件的电池后备 SRAM扩展板或 Flash-Rom扩展板,存储容量可由 2 M到 64 M等不同的选择,用户自由发挥的空间比较大^[5]。

3 协议转换器设计原理

所谓协议转换器,简单而言,即是:

由串口接 CDT帧,将接受到的 CDT帧先解包,分离出 ASDU,将分离出的数据存入 I-7188EG的自建数据库中,然后按 IEC60870-5-104的 ASDU格式重新组装,最后通过网口发送至主站。

由网口收到 IEC60870-5-104帧,解包,将数据存入自建数据库,再重组为 CDT帧,由串口转发给站内通讯设备。具体示意如图 1。

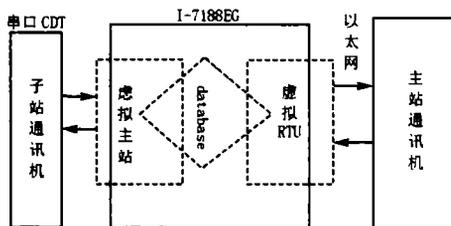


图 1 转换器原理图

Fig 1 Schematic diagram of protocol converter

预先将协议转换程序包由 RS232口写入 I-7188EG的 FLASH中,然后上电运行 I-7188EG,虚拟主站完成与子站装置(QWD)通信的功能,QWD功能包括 RTU功能和继电保护设备的故障录波等功能。虚拟主站类似于主站软件当中的数据采集模块,它按照与现场单元相同的规约(CDT)从 QWD获得数据,并进行某些必要的恢复和变换,再

把变换后的数据存入静态 RAM中的数据区;虚拟 RTU完成与调度主站通信的功能。其功能类似于现场单元软件当中的数据上传模块,它从静态 RAM中的数据区取得数据,并进行某些必要的处理和变换,再把变换后的数据按照与主站相同的规约(104)送到调度主站(HWD)。

在 I-7188EG中,自建一个内存数据库,主要用来存贮子站端上送的遥测、遥信、SOE以及主站端的命令名称和下达、执行时间,以便于远端用户通过 Web界面查询。

4 软件实现过程

4.1 CDT和 104的实现流程

CDT传输使用 RS232串口标准。将 I-7188EG转换器挂在站内装置通讯柜内,信息直接由 QWD送至转换器,输送距离短,干扰比较小。串口接收采用定时查询方式,具体流程如图 2所示。

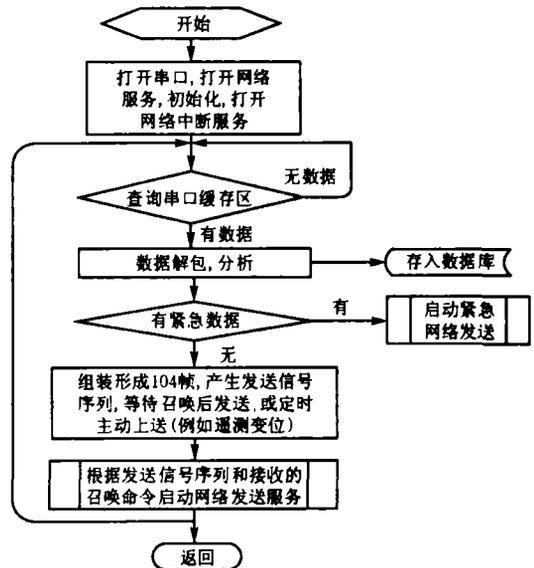


图 2 串口接收流程图

Fig 2 Flow chart of com-receive

在网络通讯方面,转换器的虚拟 RTU作为 TCP的服务器,一直监听通讯端口 2404和端口 80,分别对应于 104消息和 HTTP消息,等待请求到来。考虑到下传信息量相对不大,采用了中断方式(消息方式),具体的 104信息接收过程如图 3所示。省调主站通讯程序作为客户端,遵循 104平衡传输模式,向虚拟 RTU发送 TCP连接请求。

协议转换过程中,特别加以考虑以下几点:

1) CDT和 104收发机制不同:CDT是循环式而 104是平衡模式下的问答式,CDT模式下,子站数据

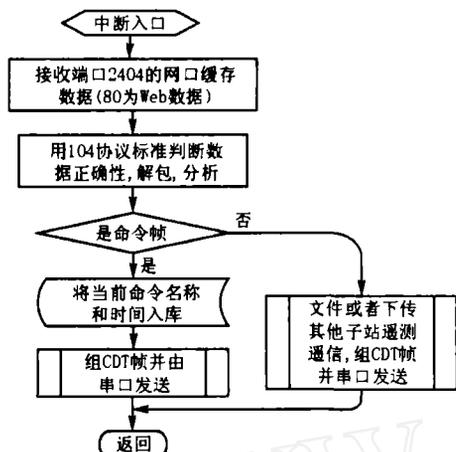


图3 网络接收流程图

Fig 3 Flow chart of Ethernet-receive

不停的上送,但是按照 104 模式,信息上送一般需要主站召唤。基本传输规则上的差异,用 I-7188EG 作出协调,发挥 I-7188EG 通讯控制器的控制功能:接收 CDT 循环上送帧,解包,如果是紧急信息,如:遥信变位、操作反校等,就立即发送;不是,则一方面将在分析后将信息入库以备 Web 查询,另一方面将信息组成 104 帧,并形成发送信号序列,等待召唤命令的到来。

2) 104 的链路应答过程,依靠通讯控制器去完成。104 属于问答式规约,有严格的链路应答格式以及链路询问功能,而使用 CDT 的子站装置无法完成这一任务,这就要求控制器加以补充。

3) 稳控装置部分命令帧,如切机切负荷,要求送达时间很短,一般以 ms 为单位,采用网络传输,不加调整很难保证。本文在软件设计中,104 端对于紧急命令帧,将 k 值(未确认的 1 帧最大停发数目)和 w 值(未确认的 1 帧最大发送数目)改小,并调整传输时间间隔,以达到目的。

4) 稳控装置不仅作为站内 RTU 使用,它还具有很多自身特有的功能,如继电保护设备的一些功能、策略表的上、下传送、切换定值区等,这些都是作为 RTU 传输协议的 104 规约没有预先包括的,这就要求协议转换程序自行定义、实现这些功能。

5) 104 帧格式没有校验码和结束字,是因为 TCP 已经为传输做好了误码校验和重发的工作。但是完全依赖 TCP 的安全校检,对于稳定控制装置通讯而言是不够的。对于一些重要的文件传输,如某些策略表文件或者定值表,需要对文件加密。由于硬件性能,不可能也没有必要使用很强大的加密算法,在这里尝试一种简单易行的方法:对需要加密的

104 文件帧,先把帧头控制域第一个字节第二位设为 1(未加密为 0),然后将每个汉字首字节加上密匙所定的值,密匙在通讯开始的时候以特定帧传输,可定期改变。这种方法很简单,已在实际存储中应用。

4.2 嵌入式 Web 服务器

在 I-7188EG 中,嵌入 Web 服务器,允许任何地点的授权用户通过 Web 浏览器访问,以动态图形的形式发布与稳控装置人机界面相同的系统运行画面,动态地生成故障报告文件、策略表文件、定值文件的列表网页,并配合转换器内存数据库,提供较长时期数据的查询网页。由于安全性,屏蔽了“修改定值”等更改装置设置的操作。嵌入式 Web 服务器的引入提高了用户和生产厂家远程监控及故障诊断的效率,降低了开发维护运行成本。嵌入式 Web 服务器模型如图 4 所示。

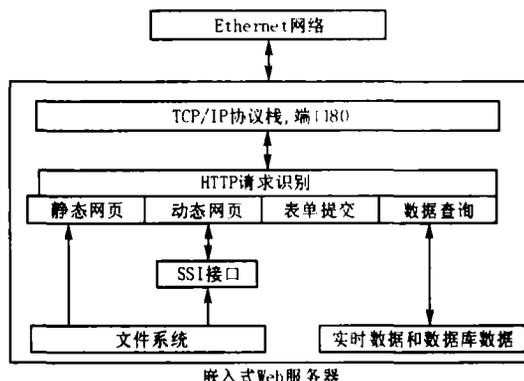


图4 嵌入式 Web 服务器系统模型

Fig 4 System model of embedded Web server

预先将装置人机界面和其他的一些静态 HTML 文本文件写入 I-7188EG 中,形成 I-7188EG 的 Web 文件系统;利用 SS 接口实现一般的动态网页;查询时,数据库数据通过 SS 接口将实时数据发给 Web^[7]。

5 结束语

文章详细地介绍了一种应用于电力系统稳定控制装置远动通讯上的协议转换器的设计,目的是将 CDT 规约和 104 规约相互转化。该转换器采用独立硬件设备——I-7188EG 型通讯控制器,现场抗干扰能力强。软件设计上考虑了稳控装置通讯所特有的一些要求。在实际调试中,除降低网络延时功能由于条件的限制无法验证外,通过分别收发 CDT 和 104 帧,成功地完成了协议转换目标。另外,在网络应用层应用的嵌入式 Web 服务器,配合用于查询的

自建内存数据库,极大地丰富了协议转换器的功能。

随着电力数据网的发展,电力通讯网络化已成为电力行业发展的趋势之一。协议转换器最大限度地延长了老式电力通讯装置的使用期限,其实用性和经济性十分突出。在整合了 Web 服务器之后,能有效降低设备运行维护费用,提高设备管理水平,为在线稳定控制系统的实施提供了通讯保证。

参考文献:

- [1] 周良松,彭波,夏成军. 一个实用的电力系统分层决策稳定控制系统[J]. 继电器, 2000, 28(4): 16-19.
ZHOU Liang-song, PENG Bo, XIA Cheng-jun. Study on New Transient Stability Control Pattern with On-line Hierarchy Decision-making and Control[J]. Relay, 2000, 28(4): 16-19.
- [2] 唐岳,廖力清,汪治国. IEC 60870-5-104 远动规约在电网调度中的应用[J]. 电力系统通信, 2005, 26(15): 50-54.
TANG Yue, LIAO Li-qing, WANG Zhi-quo. Application of IEC 60870-5-104 Telecontrol Protocol in Power Network Dispatching System[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2005, 26(15): 50-54.
- [3] DL 451 - 1991, 新部颁 CDT 规约.
DL 451 - 1991, CDT Protocol[S].

- [4] IEC 60870-5-104, 远动设备及系统[S].
IEC 60870-5-104, Telecontrol Equipment and System[S].
- [5] IEC 60870-5-104 Series User's Manual[Z].
- [6] 刘念,段斌. IEC 60870-5-104 远动协议的一种安全报文探讨[J]. 电力系统自动化, 2005, 19(2): 93-96.
LIU Nian, DUAN Bin. Discussion on Security Message of IEC 60870-5-104 Telecontrol Protocol[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 19(2): 93-96.
- [7] 朱科,周良松,周启文. 嵌入式以太网在稳定控制装置中的应用[J]. 继电器, 2006, 34(3): 66-70.
ZHU Ke, ZHOU Liang-song, ZHOU Qi-wen. Application of Embedded Ethernet in Stability Control Device[J]. Relay, 2006, 34(3): 66-70.

收稿日期: 2006-03-31; 修回日期: 2006-04-25

作者简介:

王滔(1982-),男,硕士研究生,研究方向主要为电力系统稳定控制及电力通讯的研究; E-mail: wangtao_8282@tom.com

周良松(1967-),男,副教授,主要从事电力系统稳定与控制、电力系统自动控制及计算机监控的研究;

朱科(1981-),男,硕士研究生,研究方向主要为电力系统稳定控制及电力通讯设计的研究。

A new design of telecontrol protocol convert for stability device

WANG Tao, ZHOU Liang-song, ZHU Ke

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper designs a new protocol convert. It mainly aims the need of Ethernet communication for telecontrol apparatus of power system, which need to keep the CDT protocol in substation and use IEC60870-5-104 protocol in the telecontrol communication. The transport of IEC60870-5-104 protocol bases on TCP/IP in the application layer. Especially, for the characteristic of stability device, several improvement, such as celerity for some important command frame, security for some file, are adopted. In addition, two new functions are added. They are web server and history data research in a database. In terms of hardware, I-7188EG embedded control is used. By the test, all the anticipating functions are validated, except for the celerity of command frame. This protocol convert, which prolongs the service life of some old telecontrol apparatus, can play a important role in economical efficiency and practicability.

Key words: protocol convert; telecontrol communication; CDT protocol; IEC60870-5-104; embedded control

(上接第 37 页 continued from page 37)

discontinuity due to the attainment of generator capability limit can be greatly improved with good linearity. This method is applied to IEEE-14 bus system with promising results. Finally, the conclusion of the paper is given. Using predictor/corrector technique can overcome the break of the minimum singular value index effectively, and improve the reliability of the minimum singular value as a margin index of voltage stability.

Key words: voltage stability; load margin; singular value; predictor/corrector